

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-277508

(P2000-277508A)

(43)公開日 平成12年10月6日(2000.10.6)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード*(参考)
H 0 1 L 21/31		H 0 1 L 21/31	C 4 G 0 7 5
B 0 1 J 19/08		B 0 1 J 19/08	E 4 K 0 3 0
C 2 3 C 16/511		C 2 3 C 16/511	4 K 0 5 7
C 2 3 F 4/00		C 2 3 F 4/00	D 5 F 0 4 5
H 0 5 H 1/46		H 0 5 H 1/46	B
審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 9 頁)			

(21)出願番号 特願平11-85675

(22)出願日 平成11年3月29日(1999.3.29)

(71)出願人 000219967

東京エレクトロン株式会社

東京都港区赤坂5丁目3番6号

(72)発明者 本郷 俊明

山梨県韭崎市穂坂町三ッ沢650番地東京エ
レクトロン株式会社総合研究所内

(74)代理人 100110412

弁理士 藤元 亮輔

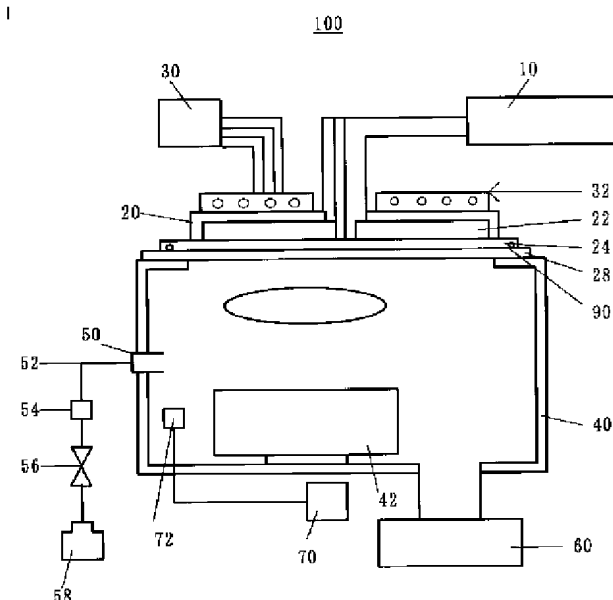
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 マイクロ波プラズマ処理装置及び方法

(57)【要約】

【課題】 本発明は、処理媒体の品質を維持しつつプラズマ熱の弊害を除去すると共にプラズマ熱に弱い部材が複数存在する場合にそれらを簡易に温度制御することを可能にするマイクロ波プラズマ処理装置及び方法を提供することを例示的な目的とする。

【解決手段】 熱伝導率の高い遅波材と多孔スロット電極を接触させ、遅波材の温度を制御することによって多孔スロット電極の温度も同時に制御することとして。また、処理室の温度は所定の処理温度を維持できるように独立に温度制御した。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 マイクロ波が導入されると当該マイクロ波の波長を短縮する波長短縮部材と、当該波長短縮部材に接続され、前記波長短縮部材を通過した前記マイクロ波を案内するスロット電極と、前記波長短縮部材及び前記スロット電極の温度を制御することができる第1の温度制御装置と、反応ガスを供給する反応ガス源及び真空ポンプに接続可能で被処理体を収納することができ、前記スロット電極を通過した前記マイクロ波と前記反応ガスが供給されると、減圧環境下で前記被処理体に所定の処理を施すことができる処理室とを有するマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項2】 前記第1の温度制御装置は、前記スロット電極の温度を前記処理室内に水分が付着するのを抑制するような温度に制御する請求項1記載のマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項3】 前記第1の温度制御装置は、前記スロット電極の前記温度を $70^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ に制御する請求項1記載のマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項4】 前記第1の温度制御装置は前記波長短縮部材及び前記スロット電極のいずれか一方の温度を制御し、当該いずれか一方の熱伝導率を利用して他方の温度も制御することができる請求項1乃至3のいずれか一項記載のマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項5】 前記マイクロ波プラズマ処理装置は、前記波長短縮部材を収納すると共に前記スロット電極に接続されたアンテナ収納部材を更に有し、前記第1の温度制御装置は、前記アンテナ収納部材の温度を制御することによって、前記アンテナ収納部材の熱伝導率を利用して前記波長短縮部材及び前記スロット電極の温度を制御する請求項1乃至3のうちいずれか一項記載のマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項6】 前記マイクロ波プラズマ処理装置は、前記スロット電極と前記処理室との間に配置された誘電体を更に有し、前記第1の温度制御装置は前記波長短縮部材、前記スロット電極及び前記誘電体の一つの温度を制御し、当該一つの熱伝導率を利用して前記スロット電極の温度も制御することができる請求項1乃至3のうちいずれか一項記載のマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項7】 前記被処理体の温度が所定の処理温度になるように制御する第2の温度制御装置を更に有する請求項1記載のマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項8】 前記誘電体の周辺を温度制御する第3の温度制御装置を更に有する請求項6記載のマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項9】 被処理体を処理室に収納する工程と、前記処理室内の圧力を制御する工程と、スロット電極の温度を制御する工程と、反応ガスを前記処理室内に導入する工程と、

マイクロ波を前記スロット電極に供給する工程と、前記マイクロ波によるプラズマで前記被処理体を処理する工程とを有するプラズマ処理方法。

【請求項10】 前記温度制御工程は、マイクロ波の波長を短縮するように動作可能な波長短縮部材を温度制御する工程と、前記温度制御された波長短縮部材から前記スロット電極への熱伝導のみを利用して前記スロット電極を温度制御する工程とからなる請求項9記載の方法。

【請求項11】 被処理体を処理室に収納する工程と、前記処理室内の圧力を制御する工程と、スロット電極の温度を制御する工程と、反応ガスを前記処理室内に導入する工程と、前記スロット電極が所定温度以下になったときにマイクロ波を前記スロット電極に供給する工程と、前記マイクロ波によるプラズマで前記被処理体を処理する工程とを有するプラズマ処理方法。

【請求項12】 前記温度制御工程は、マイクロ波の波長を短縮するように動作可能な波長短縮部材を所定の温度以下に温度制御する工程と、前記温度制御された波長短縮部材から前記スロット電極への熱伝導のみを利用して前記スロット電極を温度制御する工程とからなる請求項11記載の方法。

【請求項13】 前記温度制御工程は、前記スロット電極に接続された誘電体を温度制御する工程と、前記温度制御された誘電体から前記スロット電極への熱伝導のみを利用して前記スロット電極を温度制御する工程とからなる請求項9又は11記載の方法。

【請求項14】 前記被処理体を温度制御する工程を更に有する請求項9又は11記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【0002】

【発明の属する技術分野】本発明は、マイクロ波プラズマ処理装置及び方法に関する。

【0003】

【従来の技術】近年、半導体製品の高密度化及び高微細化に伴い、半導体製品の製造工程において、成膜、エッチング、アッシング等の処理のためにプラズマ処理装置が使用される場合がある。特に、 0.1 乃至 10mTorr 程度の減圧状態でも安定してプラズマを立てることができることからマイクロ波とリング状コイルからの磁場を組合せて高密度プラズマを発生させるマイクロ波プラズマ装置が提案されている。

【0004】典型的なマイクロ波プラズマ装置においては、例えば、 2.45GHz 程度のマイクロ波が、導波管、透過窓、スロット電極を順に通過し、被処理体が配置され減圧環境下に維持された処理室内に導入される。一方、反応ガスも処理室に導入され、マイクロ波によっ

てプラズマ化され、活性の強いラジカルとイオンとなり、これが被処理体と反応してエッチングなどが行われる。

【0005】マイクロ波は、スロット電極に導入される前にその波長を短縮する誘電体（以下、「波長短縮部材」という。）を通過される場合もある。これにより、マイクロ波の波長が短くなるのでスロット電極に形成されるスリットの間隔を短くすることができる。波長短縮部材については、例えば、本出願人により既に出願されている特開平9-63793号に開示されている。

【0006】さて、透過窓は石英やアルミナなどによって形成されるがプラズマ熱によって加熱されて損傷したり脆弱になる。また、波長短縮部材やスロット電極もプラズマ熱により熱膨張する。例えば、スロット電極は銅板などにより形成されるが、熱膨張により最適なスリット長さが変化して処理室内における全体のプラズマ密度が低下したり部分的にプラズマ密度が集中したりする。全体のプラズマ密度が低下すれば半導体ウェハの処理速度が変化する。その結果、プラズマ処理が時間的に管理される場合、所定の時間（例えば、2分）で処理を停止しても所望の処理（エッチング深さや成膜厚さ）が半導体ウェハに形成されていない場合がある。また、部分的にプラズマ密度が集中すれば、部分的に半導体ウェハの処理が変化してしまう。

【0007】かかる問題を解決するために、例えば、特開平3-191073号は、冷却水を使用した冷却手段を設けて透過窓を冷却するマイクロ波プラズマ処理装置を提案している。また、上述の特開平9-63793号は、波長短縮部材とスロット電極の覆い部材に冷却ジャケットを設けることを提案している（段落番号

【0008】参照）。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかし、プラズマCVD装置においては、水分が液状又は霧状として残っていると半導体ウェハに形成される膜中に不純物として入り込むため、処理室の温度はできるだけ上げることが好ましい。しかるに、特開平3-191073号のように単純に冷却手段を設けるだけではプラズマ処理の品質が低下してしまう。このように、従来は、被処理体の品質を維持しつつプラズマ熱の弊害を除去することができなかった。

【0010】また、処理室と誘電体とを接合するオーリングなど高温に対しての耐性が弱い部材については一定温度以上の温度がかからないように制御する必要がある。もう一つの課題として、特開平9-63793号には波長短縮部材にどのような材質を用いるかは開示されておらずその材質を考慮しないと熱伝導がしにくくなる。そのため、温度制御がしづらくなり処理の均一性が悪くなる。

【0011】そこで、このような課題を解決する新規か

つ有用な減圧環境内で動作可能なマイクロ波プラズマ処理装置及び方法を提供することを本発明の概括的目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明の例示的一態様であるマイクロ波処理装置は、マイクロ波が導入されると当該マイクロ波の波長を短縮する波長短縮部材と、当該波長短縮部材に接続され、前記波長短縮部材を通過した前記マイクロ波を案内するスロット電極と、前記波長短縮部材及び前記スロット電極の温度を制御することができる第1の温度制御装置と、反応ガスを供給する反応ガス源及び真空ポンプに接続可能で被処理体を収納することができ、前記スロット電極を通過した前記マイクロ波と前記反応ガスが供給されると、減圧環境下で前記被処理体に所定の処理を施すことができる処理室とを有する。前記第1の温度制御装置は、前記処理室内に水分が付着するのを抑制する温度に前記スロット電極を制御してもよい。また、前記第1の温度制御装置は、前記スロット電極の前記温度を $70^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ に制御してもよい。また、前記第1の温度制御装置は前記波長短縮部材及び前記スロット電極のいずれか一方の温度を制御し、当該いずれか一方の熱伝導率を利用して他方の温度も制御することができる。

【0013】前記マイクロ波プラズマ処理装置は、前記波長短縮部材を収納すると共に前記スロット電極に接続されたアンテナ収納部材を更に有し、前記第1の温度制御装置は、前記アンテナ収納部材の温度を制御することによって、前記アンテナ収納部材の熱伝導率を利用して前記波長短縮部材及び前記スロット電極の温度を制御することができる。前記マイクロ波プラズマ処理装置は、前記スロット電極と前記処理室との間に配置された誘電体を更に有し、前記第1の温度制御装置は前記波長短縮部材、前記スロット電極及び前記誘電体の一つの温度を制御し、当該一つの熱伝導率を利用して前記スロット電極の温度も制御することができる。更に、前記マイクロ波プラズマ装置は、前記被処理体の温度が所定の処理温度になるように制御する第2の温度制御装置又は前記プラズマ装置前記誘電体の周辺を温度制御する第3の温度制御装置を更に有することができる。

【0014】本発明の例示的一態様であるプラズマ処理方法は、被処理体を処理室に収納する工程と、前記処理室内の圧力を制御する工程と、スロット電極の温度を制御する工程と、反応ガスを前記処理室内に導入する工程と、マイクロ波を前記スロット電極に供給する工程と、前記マイクロ波によるプラズマで前記被処理体を処理する工程とを有する。前記温度制御工程は、マイクロ波の波長を短縮するように動作可能な波長短縮部材を温度制御する工程と、前記温度制御された波長短縮部材から前記スロット電極への熱伝導のみを利用して前記スロット電極を温度制御する工程とから構成されてもよい。

【0015】本発明の別の例示的態様であるプラズマ処理方法は、被処理体を処理室に収納する工程と、前記処理室内の圧力を制御する工程と、スロット電極の温度を制御する工程と、反応ガスを前記処理室内に導入する工程と、前記スロット電極が所定温度以下になったときにマイクロ波を前記スロット電極に供給する工程と、前記マイクロ波によるプラズマで前記被処理体を処理する工程とを有する。前記温度制御工程は、マイクロ波の波長を短縮するように動作可能な波長短縮部材を所定の温度以下に温度制御する工程と、前記温度制御された波長短縮部材から前記スロット電極への熱伝導のみを利用して前記スロット電極を温度制御する工程とから構成されてもよい。

【0016】なお上述のいずれのプラズマ処理方法においても、前記温度制御工程は、前記スロット電極に接続された誘電体を温度制御する工程と、前記温度制御された誘電体から前記スロット電極への熱伝導のみを利用して前記スロット電極を温度制御する工程とから構成されてもよく、また、前記被処理体を温度制御する工程を更に有してもよい。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照して、プラズマCVD装置として使用される本発明の例示的なマイクロ波プラズマ装置100について説明する。なお、各図において同一の参照符号は同一部材を表している。従来のマイクロ波は1~100GHzの周波数をいうが、本発明のマイクロ波はこれに限らず、およそ50MHz~100GHzのものをいう。ここで、図1は、マイクロ波プラズマ装置100の概略ブロック図である。本実施例のマイクロ波プラズマ装置100は、マイクロ波源10と反応ガス供給ノズル50と真空ポンプ60とに接続され、アンテナ収納部材20と、第1の温度制御装置30と、処理室40と、第2の温度制御装置70とを有している。

【0018】マイクロ波源10は、例えば、マグネトロンからなり、通常2.45GHzのマイクロ波（例えば、5kW）を発生することができる。マイクロ波は、その後、図示しないモード変換器により伝送形態がTM、TE又はTEMモードなどに変換される。なお、図1では、発生したマイクロ波がマグネトロンへ戻る反射波を吸収するアイソレータや、負荷側とのマッチングをとるためのEHチューナ又はスタブチューナは省略されている。

*【0019】アンテナ収納部材20には波長短縮部材22が収納され、波長短縮部材22に接触してスロット電極24がアンテナ収納部材20の底板として構成されている。アンテナ収納部材20には熱伝導率が高い材料（例えば、ステンレス）が使用されており、また、後述するように、温調板32と接触している。従って、アンテナ収納部材20の温度は温調板32の温度と略同じ温度に設定される。

【0020】波長短縮部材22には、マイクロ波の波長を短くするために所定の誘電率を有すると共に熱伝導率が高い所定の材料が選ばれる。処理室40に導入されるプラズマ密度を均一にするには、後述するスロット電極24に多くのスリット25を形成する必要がある。波長短縮部材22は、スロット電極24に多くのスリット25を形成することを可能にする機能を有する。波長短縮部材22としては、例えば、アルミナ系セラミック、SiN、AlNを使用することができる。例えば、AlNは比誘電率 ϵ_t が約9であり、波長短縮率 $n=1/(\epsilon_t)^{1/2}=0.33$ である。これにより、波長短縮部材22を通過したマイクロ波の速度は0.33倍となり波長も0.33倍となり、後述するスロット電極24のスリット25の間隔を短くすることができ、より多くのスリット25が形成されることを可能にしている。

【0021】スロット電極24は、波長短縮部材22にねじ止めされており、例えば、直径50cm、厚さ1mm以下の円筒状銅板から構成される。スロット電極24は、図2に示すように、中心から少し外側へ、例えば、数cm程度離れた位置から開始されて多数のスリット25が渦巻状に次第に周縁部に向けて形成されている。図2においては、スリット25は、2回渦巻されている。本実施例では、略T字状にわずかに離間させて配置した一対のスリット25A及び25Bを組とするスリット対を上記したように配置することによってスリット群を形成している。各スリット25A、25Bの長さL1はマイクロ波の管内波長 λ の略 $1/2$ から自由空間波長の略2.5倍の範囲内に設定されると共に幅は1mm程度に設定され、スリット渦巻の外輪と内輪との間隔L2は僅かな調整はあるが管内波長 λ と略同一の長さに設定されている。即ち、スリットの長さL1は、次の式で示される範囲内に設定される。

【0022】

【数1】

$$\frac{\lambda_0}{2} \times \frac{1}{\sqrt{\epsilon_t}} \leq L_1 \leq \lambda_0 \times 2.5 \quad \epsilon_t: \text{比誘電率}$$

このように各スリット25A、25Bを形成することにより、処理室40には均一なマイクロ波の分布を形成することが可能になる。渦巻状スリットの外側であって円盤状スロット電極24の周縁部にはこれに沿って幅数m※50

※m程度のマイクロ波電力反射防止用放射素子26が形成されている。これにより、スロット電極24のアンテナ効率を上げている。なお、本実施例のスロット電極24のスリットの模様は単なる例示であり、任意のスリット

形状（例えば、L字状など）を有する電極をスロット電極として利用することができるというまでもない。

【0023】アンテナ収納部材20には第1の温度制御装置30が接続されている。第1の温度制御装置30は、マイクロ熱によるアンテナ収納部材20及びこの近傍の構成要素の温度変化が所定の範囲になるように制御する機能を有する。第1の温度制御装置30は、図3に示すように、温調板32と、封止部材34と、温度センサ36とヒータ装置38とを有し、水道などの水源39から冷却水を供給される。制御の容易性から、水源39から供給される冷却水の温度は恒温であることが好ましい。温調板32は、例えば、ステンレスなど熱伝導率がよく、流路33を加工しやすい材料が選択される。流路33は、例えば、矩形状の温調板32を縦横に貫通し、ねじなどの封止部材34を貫通孔にねじ込むことによって形成することができる。もちろん、図3に拘らず、温調板32と流路33それぞれは任意の形状を有することができる。冷却水の代わりに他の種類の冷媒（アルコール、ガルデン、フロン等）を使用することができるのはもちろんである。

【0024】温度センサ36は、PTCサーミスタ、赤外線センサなど周知のセンサを使用することができる。なお、熱電対も温度センサ36を使用することができるが、マイクロ波の影響を受けないように構成することが好ましい。温度センサ36は流路33に接続してもよいし、接続していなくてもよい。代替的に、温度センサ36は、アンテナ収納部材20、波長短縮部材22及び／又はスロット電極24の温度を測定してもよい。

【0025】ヒータ装置38は、例えば、温調板32の流路33に接続された水道管の周りに巻かれたヒータ線などとして構成される。ヒータ線に流れる電流の大きさを制御することによって温調板32の流路33を流れる水温を調節することができる。温調板32は熱伝導率が高いので流路33を流れる水の水温と略同じ温度に制御されることができる。

【0026】温調板32はアンテナ収納部材20に接触しており、アンテナ収納部材20と波長短縮部材22は熱伝導率が高い。この結果、温調板32の温度を制御することによって波長短縮部材22とスロット電極24の温度を制御することができる。

【0027】波長短縮部材22とスロット電極24は、温調板32などがなければ、マイクロ波源10の電力（例えば、5kW）を長時間加えることにより、波長短縮部材22とスロット電極24での電力ロスから電極自体の温度が上昇する。この結果、波長短縮部材22とスロット電極24が熱膨張して変形する。

【0028】例えば、スロット電極24は、熱膨張により最適なスリット長さが変化して後述する処理室40内における全体のプラズマ密度が低下したり部分的にプラズマ密度が集中したりする。全体のプラズマ密度が低下

すれば半導体ウェハWの処理速度が変化する。その結果、プラズマ処理が時間的に管理して、所定時間（例えば、2分）経過すれば処理を停止して半導体ウェハWを処理室40から取り出すというように設定した場合、全体のプラズマ密度が低下すれば所望の処理（エッチング深さや成膜厚さ）が半導体ウェハWに形成されていない場合がある。また、部分的にプラズマ密度が集中すれば、部分的に半導体ウェハWの処理が変化してしまう。このようにスロット電極24が温度変化により変形すればプラズマ処理の品質が低下する。

【0029】更に、温調板32がなければ、波長短縮部材22とスロット電極24の材質が異なり、また、両者はねじ止めされているから、スロット電極24が反ることになる。この場合も同様にプラズマ処理の品質が低下することが理解されるであろう。

【0030】一方、スロット電極24は、温度が一定であれば高温下に配置されても、変形を生じない。また、プラズマCVD装置においては、処理室40に水分が液状又は霧状で存在すれば半導体ウェハWの膜中に不純物として混入されることになるためできるだけ温度を上げておく必要がある。また、処理室40と後述する誘電体28との間を密封するオーリング90などの部材は80乃至100℃程度の耐熱性を有することを考慮すると、温調板32（即ち、スロット電極24）は、例えば、70℃を基準に±5℃程度となるように制御される。70℃などの設定温度と±5℃などの許容温度範囲は要求される処理や構成部材の耐熱性その他によって任意に設定することができる。

【0031】この場合、第1の温度制御装置30は、温度センサ36の温度情報を得て、温調板32の温度が70℃±5℃になるようにヒータ装置38に供給する電流を（例えば、可変抵抗などを使用して）制御する。スロット電極24は、70℃で使用されることを前提に、即ち、70℃の雰囲気下に置かれた時に最適なスリット長さを有するように設計される。代替的に、温度センサ36が温調板32に配置される場合には、温調板32からスロット電極24へあるいはこの逆へ熱が伝搬するには時間がかかるから70℃±10℃にするなどより広い許容範囲を設定してもよい。

【0032】第1の温度制御装置30は、最初は、室温下に置かれた温調板32の温度は70℃よりも低いからヒータ装置38を最初に駆動して水温を70℃程度にして温調板32に供給してもよい。代替的に、マイクロ熱による温度上昇を70℃付近になるまで温調板32に水を流さなくてもよい。従って、図3に示す例示的な温度制御機構は水源39からの水量を調節するマスフローコントローラと開閉弁とを含んでいてもよい。温調板32の温度が75℃を超えた場合には、例えば、15℃程度の水を水源39から供給して温調板32の冷却を開始し、その後、温度センサ36が65℃を示したときにヒ

ータ装置38を駆動して温調板32の温度が70℃±5℃になるように制御する。第1の温度制御装置30は、上述のマスフローコントローラと開閉弁を利用することによって、例えば、15℃程度の水を水源39から供給して温調板32の冷却を開始し、その後、温度センサ36が70℃を示したときに水の供給を停止するなど様々な制御方法を採用することができる。

【0033】このように、第1の温度制御装置30は、波長短縮部材22とスロット電極24が所定の設定温度を中心とする所定の許容温度範囲になるように温度制御をするという点でこれらを設定せずに単に冷却するという特開平3-191073号の冷却手段と相違する。これにより、処理室40における処理の品質を維持することができる。例えば、スロット電極24は、70℃の雰囲気下に置かれた時に最適なスリット長さを有するように設計された場合に、これを単に15℃程度に冷却するだけでは最適な処理環境を得るのに無意味であることが理解されるであろう。

【0034】また、第1の温度制御装置30は、温調板32を流れる水の温度を制御することによって波長短縮部材22とスロット電極24の温度を同時に制御している。これは、温調板32、アンテナ収納部材20及び波長短縮部材22を熱伝導率の高い材料で構成したことによるものである。かかる構成を採用することにより、これら3つの温度制御を1の装置で兼用することができるので複数の装置を要しない点で装置全体の大型化とコストアップを防止することができる。なお、温調板32は、温調手段の単なる一例であり、冷却ファンなどその他の冷却手段を採用することができることはいうまでもない。

【0035】次に、図4を参照して、第3の温度制御装置95について説明する。ここで、図4は、第3の温度制御装置95を説明するための部分拡大断面図である。第3の温度制御装置95は、誘電体28の周辺を冷却水や冷媒等を利用して温度制御するものである。第3の温度制御装置95は、第1の温度制御装置のように、温度センサ、ヒータ装置を利用して同様に構成することができるのでその詳細な説明は省略する。

【0036】本実施例では、温調板32とアンテナ収納部材20は別個の部材であったが、温調板32の機能をアンテナ収納部材20にもたせてもよい。例えば、アンテナ収納部材20の上面及び／又は側面に流路32を形成することによりアンテナ収納部材20を直接冷却することができる。また、図5に示すように、アンテナ収納部材20の側面に流路33に類似の流路99を有する温調板98を形成すれば、波長短縮部材22とスロット電極24とを同時に冷却することも可能である。ここで、図5は、図1に示すマイクロ波プラズマ装置100の温調板32の変形例を示す部分拡大断面図である。また、スロット電極24の周囲に温調板を設けたり、若しく

は、スリット25の配置を妨げないようにスロット電極24自体に流路を形成することもできる。

【0037】誘電体28はスロット電極24と処理室40との間に配置されている。スロット電極24と誘電体28は、例えば、ロウにより強固にかつ機密に面接合される。代替的に、焼成されたセラミック製の誘電体28の裏面に、スクリーン印刷などの手段により銅薄膜を、スリットを含むスロット電極24の形状にパターン形成して、これを焼き付けるように銅箔のスロット電極24を形成してもよい。誘電体28と処理室40はオーリング90によって接合されている。誘電体28の周辺を例えば80℃乃至100℃に温調する第3の温度制御装置95が設けられる場合には、図4に示すように構成される。第3の温度制御装置95は温調板32と同様に誘電体28を取り囲む流路96を有している。このように第3の温度制御装置は、オーリング90の近傍に設けられているため、誘電体28及びスロット電極24を温調すると共にオーリング90の温調も効果的に行うことができる。誘電体28は、窒化アルミニウム(A1N)などからなり、減圧又は真空環境にある処理室40の圧力がスロット電極24に印加されてスロット電極24が変形したり、スロット電極24が処理室40に剥き出しになってスパッタされたり銅汚染を発生したりすることを防止している。必要があれば、誘電体28を熱伝導率の低い材質で構成することによって、スロット電極24が処理室40の温度により影響を受けるのを防止してもよい。

【0038】選択的に、誘電体28は、波長短縮部材22と同様に、熱伝導率の高い材質(例えば、A1N)で形成することができる。この場合は、誘電体28の温度を制御することによってスロット電極24の温度制御を行うことができ、スロット電極24を介して波長短縮部材22の温度制御を行うことができる。この場合、誘電体28の内部にマイクロ波の処理室40への導入を妨げないように流路を形成することも可能である。なお、上述した温度制御は任意に組み合わせることもできる。

【0039】処理室40は、側壁や底部がアルミニウムなどの導体により構成されて、全体が筒状に成形されており、内部は後述する真空ポンプ60により所定の減圧又は真空密閉空間に維持されることができる。処理室40内には、熱板42とその上に被処理体である半導体ウェハWが収納されている。なお、図1においては、半導体ウェハWを固定する静電チャックやクランプ機構などは便宜上省略されている。

【0040】熱板42は、ヒータ装置38と同様の構成を有して、半導体ウェハWの温度制御を行う。例えば、プラズマCVD処理においては、熱板42は、半導体ウェハWを例示的に約450℃に加熱する。また、プラズマエッチング処理においては、熱板42は、半導体ウェハWを例示的に約80℃以下に加熱する。熱板42によ

るこれらの加熱温度はプロセスにより異なる。いずれにしる、熱板42は、半導体ウェハWに不純物としての水分が付着・混入しないように半導体ウェハWを加熱する。第2の温度制御装置70は、熱板42の温度を測定する温度センサ72が測定した温度に従って熱板42に流れる加熱用電流の大きさを制御することができる。

【0041】処理室40の側壁には、反応ガスを導入するための石英パイプ製ガス供給ノズル50が設けられ、このノズル50は、ガス供給路52によりマスフローコントローラ54及び開閉弁56を介して反応ガス源58に接続されている。例えば、窒化シリコン膜を堆積させようとする場合には、反応ガスとして所定の混合ガス（即ち、ネオン、キセノン、アルゴン、ヘリウム、ラドン、クリプトンのいずれかにN₂とH₂を加えたもの）にNH₃やSiH₄ガスなどを混合したものが選択されることができる。

【0042】真空ポンプ60は、処理室40の圧力を所定の圧力（例えば、0.1乃至数10mTorr）まで真空引きすることができる。なお、図1においては、排気系の詳細な構造も省略されている。

【0043】次に、以上のように構成された本実施例のマイクロ波プラズマ処理装置100の動作について説明する。まず、通常処理室40の側壁に設けられている図示しないゲートバルブを介して半導体ウェハWを搬送アームにより処理室40に収納する。その後、図示しないリフタピンを上下動させることによって半導体ウェハWを所定の載置面に配置する。

【0044】次に、処理室40内を所定の処理圧力、例えば、50mTorrに維持してノズル50から、例えば、ヘリウム、窒素及び水素の混合ガスにNH₃を更に混合した一以上の反応ガス源58からマスフローコントローラ54及び開閉弁56を介して流量制御しつつ処理室40に導入される。

【0045】処理室40の温度は70℃程度になるように第2の温度制御装置70と熱板42により調整される。また、第1の温度制御装置30は、温調板32の温度が70℃程度になるようにヒータ装置38を制御する。これにより、温調板32を介して波長短縮部材22とスロット電極24の温度も70℃程度に維持される。スロット電極24は70℃で最適のスリット長を有するように設計されている。また、スロット電極24は±5℃程度の温度誤差が許容範囲であるということが予め分かっているものとする。プラズマが発生する際には、スロット電極がプラズマによる熱で加熱されるのでスロットも所定の温度以下になった時にマイクロ波を供給するようにしてプラズマ立上げ時の熱を抑制するように制御してもよい。

【0046】一方、マイクロ波源10からのマイクロ波を図示しない矩形導波管や同軸導波管などを介してアンテナ収納部材20内の波長短縮部材22に、例えば、T

EMモードなどで導入する。波長短縮部材22を通過したマイクロ波はその波長が短縮されてスロット電極24に入射し、スリット25から処理室40に誘電体28を介して導入される。波長短縮部材22とスロット電極24は温度制御されているので、熱膨張などによる変形はなく、スロット電極24は最適なスリット長さを維持することができる。これによってマイクロ波は、均一に（即ち、部分的集中なしに）かつ全体として所望の密度で（即ち、密度の低下なしに）処理室40に導入されることができる。

【0047】継続的な使用により、温調板32の温度が75℃よりも上昇すれば第1の温度制御装置30は水源39より15℃程度の冷却水を温調板32に導入することによりこれを75℃以内になるように制御する。同様に、処理開始時や過冷却により温調板32の温度が65℃以下になれば第1の温度制御装置30はヒータ装置38を制御して水源39から温調板32に導入される水温を上げて温調板32の温度を65℃以上にすることができる。

【0048】一方、温調板32による過冷却によって処理室40の温度が所定温度以下になったことを温度センサ72が検知すれば、水分が不純物としてウェハWに付着・混入することを防ぐため第2の温度制御装置70は熱板42を制御して処理室40の温度を制御することができる。

【0049】その後、マイクロ波は、反応ガスをプラズマ化して成膜処理を行う。成膜処理は、例えば、予め設定された所定時間だけ行われてその後、半導体ウェハWは上述の図示しないゲートバルブから処理室40の外へ出される。処理室40には所望の密度のマイクロ波が均一に供給されるのでウェハWには所望の厚さの膜が均一に形成されることになる。また、処理室40の温度は水分などがウェハWに混入することのない温度に維持されるので所望の成膜品質を維持することができる。

【0050】以上、本発明の好ましい実施例を説明したが、本発明はその要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。例えば、本発明のマイクロ波プラズマ処理装置100は電子サイクロトロン共鳴の利用を妨げるものではないため、所定の磁場を発生させるコイルなどを有してもよい。また、本実施例のマイクロ波プラズマ処理装置100はプラズマCVD装置として説明されているが、マイクロ波プラズマ処理装置100は半導体ウェハWをエッチングしたりクリーニングしたりする場合にも使用することができることはいうまでもない。更に、本発明で処理される被処理体は半導体ウェハに限られず、LCDなどを含むものである。

【0051】

【発明の効果】本発明のマイクロ波プラズマ装置によれば一以上の温度制御により均一な処理を達成することができる。

13

【図面の簡単な説明】

【図1】 本実施例の例示的なマイクロ波プラズマ処理装置の構造を示す概略ブロック図である。

【図2】 図1に示すマイクロ波プラズマ処理装置に使用されるスロット電極の具体的構成例を説明するための概略平面図である。

【図3】 図1に示すマイクロ波プラズマ処理装置に使用される第1の温度制御装置と温調板の構成を示す概略ブロック図である。

【図4】 第3の温度制御装置95を説明するための部分拡大断面図である。

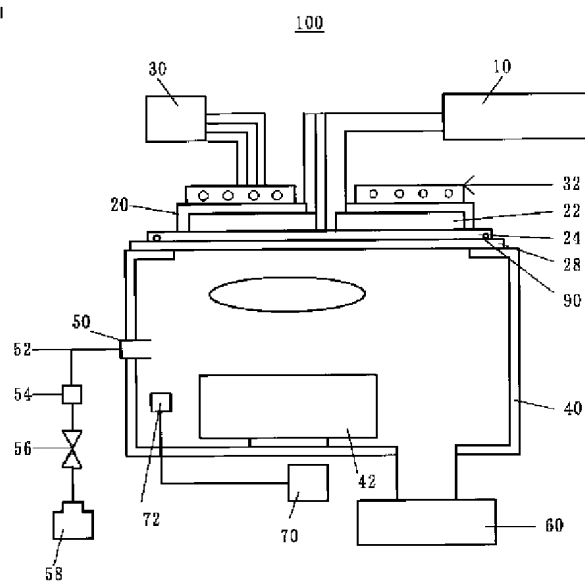
【図5】 図1に示すマイクロ波プラズマ装置の温調板の変形例を示す部分拡大断面図である。

【符号の説明】

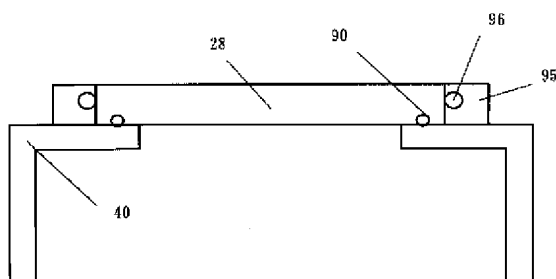
10 マイクロ波源
20 アンテナ取納部材

22 波長短縮部材
24 スロット電極
25 スリット
28 誘電体
30 第1の温度制御装置
32 温調板
36 温度センサ
38 ヒータ装置
39 水源
40 処理室
42 熱板
50 反応ガス供給ノズル
58 反応ガス源
60 真空ポンプ
70 第2の温度制御装置
72 温度センサ

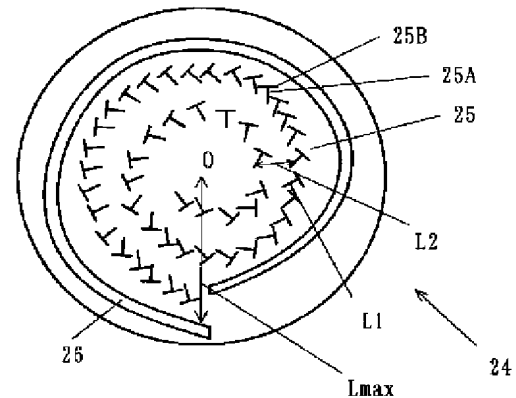
【図1】



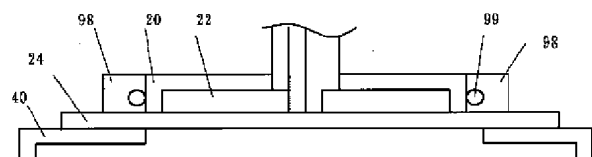
【図4】



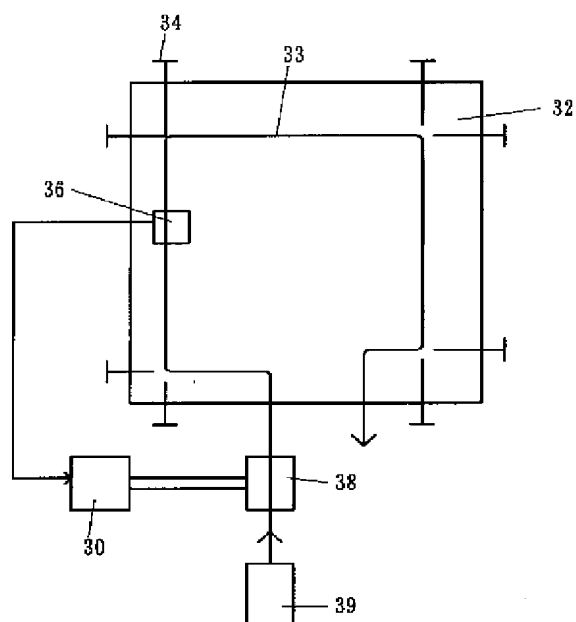
【図2】



【図5】



【図3】



フロントページの続き

Fターム(参考) 4G075 AA24 AA30 AA63 BC04 BC06
CA26 CA48 EB41 FC07 FC15
4K030 FA01 JA10 KA02 KA14 KA22
KA30 KA41 KA45
4K057 DA20 DG02 DG20 DM29 DM39
DM40 DN01
5F045 AA09 AB33 AC01 AC12 AD04
EH02 EH04 EJ05 EJ09 EK21
EM05 GB15